

Секция 2.

Стратегические ориентиры инвестиционно-строительного процесса
в Екатеринбурге и области

Ямов Александр Владимирович

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВАНИЯ, СОСТОЯНИЯ АРМАТУРЫ И СТАЛЬНЫХ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЗДАНИЙ


Yamov A.

METHODS OF DETERMINING THE PARAMETERS OF REINFORCEMENT, CONDITION OF REINFORCEMENT AND STEEL EMBEDS IN THE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS IN THE SURVEY OF BUILDINGS

Stroypolytech@gmail.com

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

23-24 апреля 2014 года
Екатеринбург



В процессе обследования железобетонных конструкций зданий и сооружений возникает необходимость в определении параметров армирования и установлении наличия либо отсутствия коррозионных процессов арматуры и закладных элементов. В случае, когда конструкция имеет внешние признаки аварийного состояния, вскрытие не представляется возможным ввиду большой вероятности её обрушения. В такой ситуации целесообразно применение методов неразрушающего контроля. Но на основании одного какого либо метода не представляется возможным получить достоверный результат. Предлагается использовать совокупность методов НК с целью получения объективных и достоверных результатов исследования.

In the survey of reinforced concrete buildings and constructions it is necessary to determine the parameters of the reinforcement and establish the presence or absence of corrosion processes in reinforcement and steel embeds. In the case when the construction has the external evidence of emergency condition, baring isn't possible due to the high probability of its collapse. In such situation it is advisable to use non-destructive methods. But on the basis of one method it isn't possible to obtain reliable results. It is proposed to use a set of non-destructive methods to obtain objective and reliable results of research.

Ключевые слова: коррозия арматуры; параметры армирования; железобетонные конструкции; метод неразрушающего контроля; ультразвуковая томография.

Keywords: corrosion of reinforcement, the parameters of the reinforcement, reinforced concrete constructions, non-destructive methods, ultrasonic tomography.

В последние два десятилетия значительно ухудшилось техническое состояние существующих строительных объектов вследствие отсутствия должного контроля за их состоянием.

Как известно, со временем происходит постепенное разрушение зданий и инженерных сооружений от возникающих в процессе эксплуатации различных повреждений.

Повреждение строительных конструкций могут ухудшить условия эксплуатации, снизить несущую способность конструкций и при определённых условиях привести к аварии.

Выявление и оценка повреждений, возникающих в строительных конструкциях имеет, большое практическое значение для дальнейшей эксплуатации построенных объектов.

Значительное влияние на несущую способность железобетонных конструкций оказывает коррозия арматуры и закладных элементов (рис 1 а,б,в,г).

Повреждения арматуры проявляются в виде коррозии ввиду потери защитных свойств бетона – появления микротрещин в защитном слое, то есть поступление к арматуре влаги, кислорода или кислотообразующих газов.

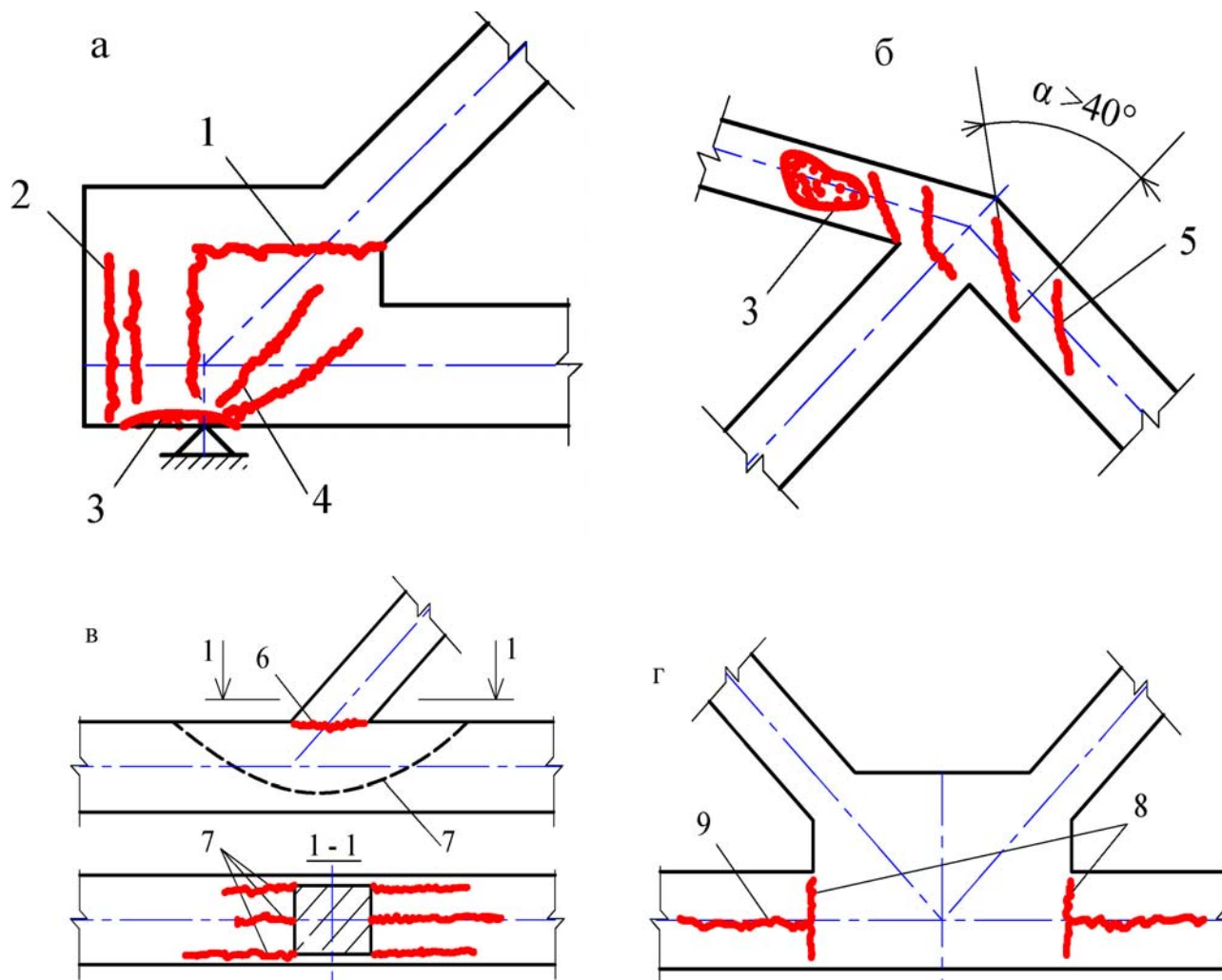


Рис. 1. Трещины в элементах железобетонных ферм образованные в следствии коррозии арматуры: а – горизонтальные, вертикальные и наклонные трещины в опорном узле фермы; б – вертикальные трещины и лещадка в сжатом узле пояса фермы; в – трещины по нижнему поясу в узле сопряжения с растянутым раскосом; г – трещины в растянутом поясе и узле фермы.

1 – горизонтальная трещина; 2 – серия вертикальных трещин; 3 – откол лещадок в сжатой зоне; 4 – наклонная трещина, доходящая до нижней грани пояса; 5 – серия вертикальных трещин; 6 – трещина в месте сопряжения раскоса и пояса; 7 – трещины в поясе фермы; 8 – вертикальные трещины зоне растяжения; 9 – горизонтальные трещины в зоне растяжения

Коррозия арматуры в бетоне является электрохимической реакцией. При оценке технического состояния арматуры и закладных деталей, пораженных коррозией, необходимо установить вид коррозии и выделить участки поражения.

После определения вида коррозии необходимо установить источники коррозии и причины этого явления.

Степень коррозии арматуры оценивается по следующим параметрам:

- по цвету;
- глубине коррозионного поражения;
- площади поражения;
- площади поперечного сечения;
- плотности продуктов коррозии.

Толщина коррозионных слоев определяется микрометром. Для арматуры периодического профиля следует фиксировать остаточную высоту рифов после проведенной зачистки от ржавчины.

Вскрытие арматуры путем удаления защитного слоя производится в местах наибольшего ее ослабления коррозией (трещины, пятна ржавой краски, оголенные участки поверхности). Но при аварийном состоянии конструкции это сделать не возможно, так как велика вероятность обрушения. В этом случае является целесообразным применение методов неразрушающего контроля.

Известны различные методы неразрушающего контроля, однако не все методы позволяют достоверно и точно определить искомые параметры.

Наиболее широко известным методом, используемым для определения параметров армирования является магнитный метод.

К приборам, реализующим данный метод, относятся ИПА-МГ4 (Стройприбор), Profoscope (Proseq), и другие.

ИПА-МГ4 используется для непосредственного контроля толщины защитного слоя бетона и нахождения стержневой арматуры по ГОСТ 22904.

Согласно данному ГОСТ толщину защитного слоя бетона и расположение арматуры в железобетонной конструкции определяют на основе экспериментально установленной в лаборатории зависимости между показаниями устройства и указанными контролируемыми параметрами конструкции.

Прибор использует 3 основных режима работы:

- определение оси арматурного стержня;
- определение защитного слоя при известном диаметре;
- определение диаметра арматурного стержня при известном защитном слое.

Поиск арматуры осуществляется по изменению тона аудиосигнала, а также по данным цифрового экрана.

Несмотря на большой выбор приборов, использующий данный метод, указанную задачу все они решают примерно с одинаковой эффективностью. Отличие более дорогостоящих средств измерения, как правило, заключается в большей чувствительности и глубине определения арматурных стержней, а также улучшенном интерфейсе и автоматизированной обработке данных. На объекте (например, стена или перекрытие, армированное сеткой с защитным слоем не более 50-70 мм) найти арматуру в бетоне и нанести ее проекцию на поверхность с погрешностью до 10-20 мм можно практически любым из приборов. В то же время, при густом армировании конструкций и расположении арматуры в несколько рядов погрешность измерения существенно возрастет при использовании любого из приборов [2].

Погрешность измерения диаметра арматуры прибором ИПА-МГ4.01 при различной толщине защитного слоя (20-60мм) достигает 30%. Погрешность измерения диаметра арматуры прибором Profoscope при различной толщине защитного слоя (20-60мм) достигает менее 5%. Однако точность измерений не постоянна. На ряде стержней различных классов и диаметров погрешность достигает 15% и более.[2]

Для определения коррозионного состояния арматуры, используется метод потенциала полуэлемента. Он основан на измерении потенциала микрогальванической пары, который появляется в результате химической реакции между металлом арматуры и бетоном. Но данный метод может применяться в случае уже начавшегося коррозионного процесса арматуры.

Так же одним из методов, позволяющих определять наличие либо отсутствие коррозии арматуры и закладных элементов, является метод измерения удельного электрического сопротивления поверхностного слоя бетона.

Значение удельного электрического сопротивления пористого материала можно определить с помощью уравнения [3]

$$\rho = a\rho_0\phi m,$$

где ρ_0 – удельное сопротивление водной фазы в бетоне; a – константа, зависящая от состава материала; m – интегральный параметр, относящийся к структуре пор в материале; ϕ – доля объемного водонасыщения пор.

Зависимость показывает, что чем выше объемная доля водонасыщения, тем ниже удельное электрическое сопротивление. Таким образом, удельное электрическое сопротивление указывает на связность пор и, следовательно, на сопротивление бетона к проникновению жидких или газообразных веществ [3].

Данный метод используется в приборе Resipod компании Proceq.

Но на результат измерения удельного сопротивления влияют различные факторы [3]:

1. Расстояние между электродами

Ток идет через жидкость в порах в цементном камне. Зерна заполнителей преимущественно инертны. Следовательно, бетон не однородный проводник, и поток измеряемого тока также будет неоднороден.

2. Наличие арматуры

Поскольку арматурные стержни проводят ток значительно лучше, чем бетон, то они нарушают однородное течение тока. При проведении измерений вдоль арматурных стержней при величине защитного слоя бетона 10...20 мм, измеренное сопротивление может снижаться от 2 до 6 раз.

3. Карбонизация бетона

При большой глубине карбонизации защитного слоя бетона значение удельного сопротивления будет выше, чем у не карбонизированного бетона.

4. Температура и влажность бетона

Изменение температуры бетона имеет существенное влияние на величину удельного электрического сопротивления. В целом, при повышении температуры удельное сопротивление уменьшается, и наоборот.

Эти факторы говорят о неоднозначности значений удельного электрического сопротивления, свидетельствующего о наличии или утрате защитных свойств бетона по отношению к арматуре. Однако лабораторные опыты показывают, что определить вероятность возникновения коррозии возможно [3].

Когда удельное электрическое сопротивление бетона мало, очень велика вероятность возникновения коррозии арматуры и закладных элементов.

В таблице указаны пороговые значения удельного электрического сопротивления при температуре 20°C [3].

Удельное электрическое сопротивление, кОм*см	Вероятность возникновения коррозии арматуры
$\rho \geq 12$	Коррозия маловероятна
$8 \geq \rho \geq 12$	Коррозия вероятна
$\rho \leq 8$	Вероятность коррозии высока

Одним из наиболее информативных методов является ультразвуковой, на основе которого создан промышленный УЗ томограф А1040 «Полигон», предназначенный для неразрушающего контроля изделий и конструкций из бетона и железобетона. Основой томографа является антенное устройство, состоящее из 40-элементной матричной решётки УЗ преобразователей с устройством управления и обработки сигналов. В антенном устройстве использованы преобразователи с сухим точечным акустическим контактом и индивидуальным прижимом к поверхности бетона [4].

Томограф имеет четыре режима работы [4].

1. «Калибровка» – адаптация прибора к свойствам бетона контролируемой конструкции. При калибровке происходит автоматическое измерение скорости поперечных ультразвуковых волн в бетоне, автоматическая установка требуемого усиления в приёмном тракте и определение других параметров сигналов из бетона, необходимых для получения наиболее качественных образов внутренней структуры бетонного массива.

2. «Обзор» – режим быстрого обзора внутренней структуры строительной конструкции. В этом режиме оператор устанавливает антенное устройство в любое место поверхности конструкции и через 2-3 с получает на экране компьютера В-изображение среза внутренней структуры бетона под антенным устройством на глубину 0,5, 1 или 2,5 м. Ширина среза, отображаемого на экране, равна 0,5 м. Так можно посмотреть, что находится под поверхностью бетона в любом месте конструкции, измерить толщину бетона или обнару-

жить какой либо внутренней дефект или предмет, например, силовую арматуру или пластмассовую трубу с кабелями.

3. «Сбор» – режим сбора ультразвуковых данных о внутренней структуре объекта контроля при сканировании антенным устройством больших площадей бетонных стен, перекрытий, фундаментов или опор мостов и т.д. В этом режиме сканирование проводят путём перестановки антенного устройства по поверхности конструкции вдоль прямой линии с некоторым выбранным шагом (например, 50 мм).

4. «Просмотр» – этот режим используется для детального анализа данных, снятых в режиме «Сбор». На экране в этом режиме присутствуют сразу или по очереди все три типа изображений: В, С и D, которые отображают, соответственно, В, С и D взаимно перпендикулярные срезы (сечения) объекта контроля.

Томограмма иллюстрирует вид хорошо замоноличенной не корродированной арматуры диаметром 22 мм и возможность измерения координат её расположения (глубины залегания и положения в плане) [4].

Таким образом, томографический контроль железобетонных конструкций даёт достаточно информации о размерах конструкции, расположении в ней арматуры, её состоянии, внутренних нарушениях бетона, о наличии какой либо среды за донной поверхностью конструкции и т.д. Но опыт УЗ томографии железобетонных конструкций, показал, что для ин-

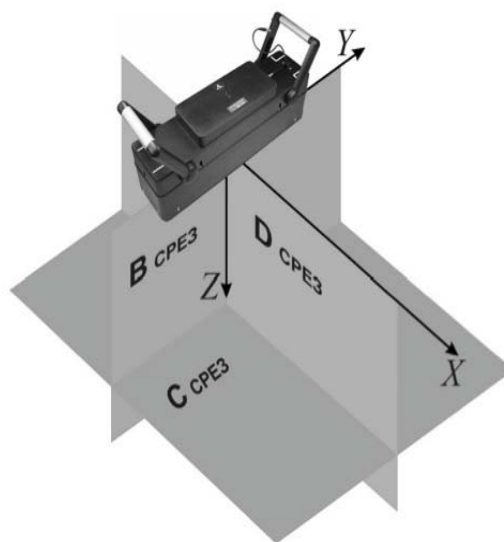


Рис. 2. Система координат томографа А1040 «Полигон» и визуализируемые им сечения в объекте контроля

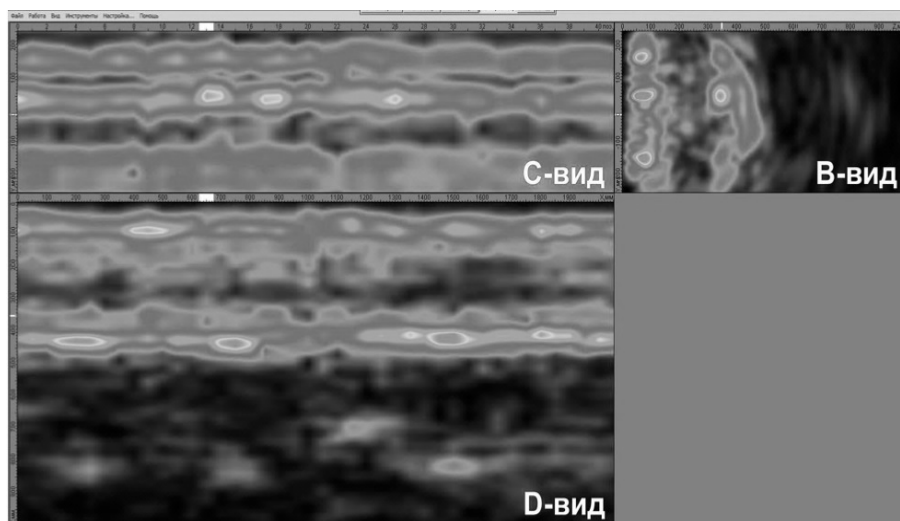


Рис. 3 Расположение В, С, D-изображений на экране томографа А1040 «Полигон»

терпретации полученных изображений, для оценки степени нарушений сплошности бетона нельзя напрямую использовать метод УЗ дефектоскопии. Бетон и тем более железобетон настолько неоднородные и непредсказуемые по своей структуре материалы, что методы сравнения амплитуд (яркостей) выявленных образов с заданным опорным уровнем от контрольного отражателя в стандартном образце здесь малоприменимы. И стандартный образец сделать проблематично, и никакой контрольный отражатель не позволит смоделировать реальное нарушение сплошности конструкции, например, область рыхлого бетона или полость с остатками корродированной арматуры. Поэтому основными критериями качества внутренней структуры конструкции из бетона являются общий уровень структурного шума томограммы и степень превышения над ним яркостей образов различных неоднородностей, как конструктивных, известных априори, так и неизвестных, которые могут быть опасными дефектами конструкции [4].

Итак, из анализа существующих на сегодняшний день методов неразрушающего контроля, можно сделать вывод, что на основании только одного метода, невозможно объективно сделать вывод о параметрах армирования и наличие, либо отсутствие, коррозионных процессов арматуры конструкции.

В том случае, когда вскрытие конструкции из-за её аварийного состояния становится невозможным, необходимо применять совокупность методов НК, и только при совпадении результатов исследований различными методами можно получить объективные данные, которые впоследствии будут использованы для принятия решения. Следует так же продолжать разрабатывать и другие альтернативные методы неразрушающего контроля, с целью получения максимально достоверных результатов исследований.

Библиографический список

1. В.И. Ямов. Реконструкция зданий в современных условиях. Учеб. пособие 2006.
2. А.В. Улыбин. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкции. Magazine of Civil Engineering, No1, 2012.
3. А.В. Пузанов, А.В. Улыбин. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкции. Magazine of Civil Engineering, No7, 2011.
4. А.А. Самокрутов, В.Г. Шевалдыкин. Возможности ультразвуковой томографии бетона.